

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 20 APR 2004  
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 13 609.6

**Anmeldetag:**

26. März 2003

**Anmelder/Inhaber:**

Osram Opto Semiconductors GmbH,  
93049 Regensburg/DE

**Bezeichnung:**

Halbleiterlaser mit reduzierter Rückwirkungsempfindlichkeit

**IPC:**

H 01 S 5/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. März 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stanschus

## Beschreibung

Halbleiterlaser mit reduzierter Rückwirkungsempfindlichkeit

- 5 Die Erfindung betrifft einen Halbleiterlaser, insbesondere einen Einmoden-Halbleiterlaser.

10 Für viele Anwendungen sind Laser mit guter Strahlqualität, hoher Kohärenzlänge und geringer spektraler Breite erwünscht oder sogar notwendig. Diese Eigenschaften sind insbesondere mit Einmoden-Lasern (Single-Mode-Laser), wie beispielsweise DFB-Lasern, Trapezlasern oder oberflächenemittierenden Halbleiterlasern (VCSEL-Vertical Cavity Surface Emitting Laser) erzielbar.

15

Die obengenannten Laser weisen eine starke Empfindlichkeit gegenüber rückgekoppeltem Licht auf. Unter rückgekoppeltem Licht wird im Rahmen der Erfindung der Anteil der von dem Halbleiterlaser emittierten Strahlung verstanden, der von externen Objekten in den Halbleiterlaser zurück gestreut oder reflektiert wird. Die Phase des rückgekoppelten Lichts hängt vom zurückgelegten optischen Weg und damit vom Abstand des streuenden oder reflektierenden Objekts vom Halbleiterlaser ab. Abhängig von der Phase interferiert das rückgekoppelte Licht konstruktiv oder destruktiv mit der Strahlung des Halbleiterlasers. Bereits geringe Änderungen des Abstands zwischen dem streuenden oder reflektierenden Objekt von einem Bruchteil der emittierten Lichtwellenlänge können die Phase des rückgekoppelten Lichts derartig ändern, daß ein Wechsel zwischen konstruktiver und destruktiver Interferenz stattfindet. Geringe Schwingungen des optischen Systems oder eine Bewegung des reflektierenden oder streuenden Objekts bewirken dadurch ein Rauschen  $\Delta P$  der Ausgangsleistung  $P$  des Halbleiterlasers. Dieses Rauschen oder das Verhältnis des Rauschens zur Ausgangsleistung  $\Delta P/P$  des Halbleiterlasers ist ein Maß für die Rückwirkungsempfindlichkeit.

20

25

30

35

Eine Möglichkeit, die Empfindlichkeit eines Halbleiterlasers gegenüber rückgekoppeltem Licht zu reduzieren, besteht darin, außerhalb des Laserresonators absorbierende oder reflektierende Elemente anzubringen, die ein Eindringen von rückgekoppeltem Licht in den Laserresonator verhindern. Dies ist jedoch technisch teilweise sehr aufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Halbleiterlaser anzugeben, dessen Rückwirkungsempfindlichkeit gegen rückgekoppeltes Licht auf technisch verhältnismäßig einfache Weise reduziert wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Halbleiterlaser mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Halbleiterlasers sind Gegenstand der Unteransprüche.

Ein Halbleiterlaser gemäß der Erfindung enthält innerhalb des Laserresonators eine absorbierende Schicht, welche die Transmission  $T_{\text{Res}}$  der Laserstrahlung im Laserresonator reduziert und damit die Rückwirkungsempfindlichkeit des Halbleiterlasers für in den Laserresonator rückgekoppelte Strahlung verringert. Unter der Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators wird dabei der Faktor verstanden, um den Strahlung der Laserwellenlänge bei einem vollem Umlauf im Resonator geschwächt wird. Die Transmission  $T_{\text{Res}}$  berücksichtigt nur resonatorinterne Verluste wie Absorption oder Streuung, aber nicht die Reflexionsverluste an den Spiegeln, die insbesondere beim Auskoppelspiegel auftreten. Ein typischer Wert für die Transmission  $T_{\text{Res}}$ , die grundsätzlich kleiner als 1 ist, ist etwa 0,99.

Für den Laserbetrieb ist eine Transmission  $T_{\text{Res}}$  erforderlich, die nur geringfügig von 1 abweicht.  $T_{\text{Res}}$  kann daher zur Verringerung der Rückwirkungsempfindlichkeit des Halbleiterlasers nur geringfügig erniedrigt werden. Die absorbierende Schicht befindet sich deshalb bevorzugt im Bereich eines Knotens einer stehenden Welle, die sich bei Betrieb des Halblei-

terlasers im Laserresonator ausgebildet. In diesem Bereich sind die elektrischen Feldstärken der Laserstrahlung geringer als im Bereich der Bäuche des Stehwellenfeldes, so daß das Einfügen eines absorbierenden Mediums dort geringere Absorptionsverluste bewirkt.

Vorzugsweise wird bei der Optimierung der Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators auch die Reflektivität der Laserspiegel, insbesondere des Auskoppelspiegels, berücksichtigt, und diese Parameter zusammen derart optimiert, daß sich für einen weiten Bereich möglicher Ausgangsleistungen  $P$  des Halbleiterlasers eine geringe Rückwirkungsempfindlichkeit ergibt. Eine Optimierung dieser Parameter kann beispielsweise durch eine Simulation der Rauschamplitude  $\Delta P$  des Halbleiterlasers in Abhängigkeit von den Variablen der Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Resonators, der Reflektivität der Spiegel, und der Ausgangsleistung des Halbleiterlasers erfolgen. Die Simulation erfolgt unter der Annahme, dass ein Teil der emittierten Laserstrahlung von außen in den Laserresonator rückgekoppelt wird, wobei sich die Rauschamplitude  $\Delta P$  aus der Differenz der Ausgangsleistung im Falle einer konstruktiven und einer destruktiven Interferenz des rückgekoppelten Lichts mit der Laserstrahlung ergibt.

Eine Optimierung der Rückwirkungsempfindlichkeit ist insbesondere für Einmoden-Laser (Single-Mode-Laser) sinnvoll, da gerade an diese Laser hohe Anforderungen an die Stabilität gestellt werden.

Bei dem Halbleiterlaser handelt es sich vorzugsweise um einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaser (VCSEL). Bei einem solchen Lasertyp ist die Positionierung der Absorberschichten im Stehwellenfeld des Resonators einfacher als bei anderen Lasertypen.

Beispielsweise kann der oberflächenemittierende Halbleiterlaser einen Braggspiegel enthalten und die absorbierende

Schicht in diesem Braggspiegel angeordnet sein. Bei der Auswahl des Materials und der Dicke der absorbierenden Schicht ist die Absorption bei der Emissionswellenlänge des Lasers zu berücksichtigen. Beispielsweise kann bei einer Emissionswellenlänge von etwa 850 nm eine Galliumarsenidschicht verwendet werden, die etwa 20 nm dick ist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren 1, 2 und 3 näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch eine Ausführungsform eines oberflächenemittierenden Halbleiterlasers, der gemäß der Erfindung eine absorbierende Schicht in seinem Laserresonator enthält,

Figur 2 eine Simulation der Rauschamplitude  $\Delta P$  eines Halbleiterlasers in Abhängigkeit von der Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Resonators für drei verschiedene Reflektivitäten  $R$  des Auskoppelspiegels und

Figur 3 eine Simulation der Rauschamplitude  $\Delta P$  eines Halbleiterlasers in Abhängigkeit von der Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Resonators für drei verschiedene Ausgangsleistungen  $P$  des Halbleiterlasers.

Der in Figur 1 schematisch im Querschnitt dargestellte oberflächenemittierende Halbleiterlaser enthält als wesentliche Elemente auf einem Halbleitersubstrat 1 einen rückseitigen Spiegel 2, eine aktive Zone 3 und einen Auskoppelspiegel 4. Bei den Spiegeln handelt es sich bevorzugt um Braggspiegel. Ferner enthält der oberflächenemittierende Halbleiterlaser elektrische Kontaktschichten 5, 6 zur Ausbildung des n-Kontakts 5 sowie des p-Kontakts 6.

Dem Fachmann sind verschiedene Ausführungsformen solcher oberflächenemittierender Halbleiterlaser mit weiteren, teilweise auch strukturierten Zwischenschichten bekannt, zum Beispiel aus der DE 100 38 235 A1 und den darin zitierten Druckschriften. Beispielsweise kann es sich dabei um Passivierungsschichten 7 oder weitere Schichten zur räumlichen Begrenzung des Stromflusses handeln.

- 10 Der oberflächenemittierende Halbleiterlaser kann auch als oberflächenemittierender Halbleiterlaser mit externem Resonator (VECSEL - vertical external cavity surface emitting laser) ausgebildet sein, bei dem der Auskoppelspiegel des Laserresonators durch einen externen, ausserhalb des Halbleiterkörpers angeordneten Spiegel gebildet wird.
- 15

Im Laserresonator ist eine absorbierende Schicht 8 enthalten, welche die Transmission  $T_{\text{Res}}$  der Laserstrahlung im Laserresonator geringfügig reduziert und dadurch die Rückwirkungsempfindlichkeit des Halbleiterlasers für in den Laserresonator rückgekoppelte Strahlung 9 reduziert. Unter rückgekoppelter Strahlung 9 wird dabei vom Laser emittierte Strahlung 10 verstanden, die von einem externen Objekt 11 in den Halbleiterlaser zurückreflektiert oder -gestreut wird.

20

- 5 Die absorbierende Schicht 8 kann beispielsweise in einem der Braggspiegel 4 des oberflächenemittierenden Halbleiterlasers enthalten sein. In diesem Fall sind gegebenenfalls die Schichten des Braggspiegels 4, welche die absorbierende Schicht 8 umgeben, anzupassen, um eine durch das Einfügen der absorbierenden Schicht 8 bewirkte Störung in der Periodizität der Schichten auszugleichen.
- 30

Die Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators ist insbesondere vom Material, der Dicke und der Position der Absorberschicht 8 im Laserresonator abhängig und kann daher durch diese Parameter verändert werden. Beispielsweise ist für eine Emissionswell-

35

lenlänge von 850 nm eine Galliumarsenidschicht mit einer Dicke von etwa 20 nm geeignet. Die Positionsabhängigkeit der Absorption ergibt sich daraus, daß der Absorptionseffekt in den Bäuchen des Stehwellenfeldes, das sich innerhalb des Laserresonators ausbildet, größer ist als in den Knoten des Stehwellenfeldes. Da mit der absorbierenden Schicht 8 zwar die Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Resonators reduziert werden soll, aber gleichzeitig der Laserbetrieb nicht gestört werden soll, wird die absorbierende Schicht bevorzugt in einem Knoten des Stehwellenfeldes positioniert.

Der optimale Wert für die Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators, um eine Minimierung der Rückwirkungsempfindlichkeit des Halbleiterlasers gegenüber rückgekoppeltem Licht zu erreichen, hängt auch von der Reflektivität des Auskoppelspiegels 4 und der Ausgangsleistung des Halbleiterlasers ab. Figur 2 zeigt eine Simulation der Rauschamplitude der Ausgangsleistung  $\Delta P$ , die als Maß für die Rückwirkungsempfindlichkeit dient, in Abhängigkeit von der Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators für drei unterschiedliche Reflektivitäten  $R$  des Auskoppelspiegels 4. Die Kurve 12 zeigt die Rückwirkungsempfindlichkeit für eine Reflektivität des Auskoppelspiegels von  $R = 99,3\%$ , die Kurve 13 für eine Reflektivität des Auskoppelspiegels von  $R = 99,6\%$  und die Kurve 14 für eine Reflektivität des Auskoppelspiegels von  $R = 99,8\%$ . Die Simulation verdeutlicht, daß nur mit bestimmten Kombinationen der Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators und der Reflektivität des Auskoppelspiegels 4 eine minimale Rückwirkungsempfindlichkeit erzielt werden kann. Beispielsweise beträgt ein vorteilhafter Wert für die Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators, der über die Parameter der Absorberschicht 8 eingestellt werden kann, für eine Reflektivität des Auskoppelspiegels von  $R = 99,6\%$  gemäß der Simulation etwa 0,985.

Das Diagramm von Figur 3 zeigt die Rauschamplitude  $\Delta P$  des Halbleiterlasers in Abhängigkeit von der Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators für einen festen Wert der Reflektivität Aus-

- koppelspiegels 4 von  $R = 99,6\%$  für drei verschiedene Ausgangsleistungen des Halbleiterlasers. Die Kurve 15 zeigt die Abhängigkeit für eine Ausgangsleistung von  $P = 0,7 \text{ mW}$ , die Kurve 16 für  $P = 1 \text{ mW}$  und die Kurve 17 für  $P = 1,3 \text{ mW}$ . Für
- 5 einen Halbleiterlaser, der zur Verwendung bei verschiedenen Ausgangsleistungen vorgesehen ist, wird die Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators vorzugsweise so eingestellt, daß die Rauschamplitude  $\Delta P$  für einen weiten Bereich von Ausgangsleistungen gering ist. In dem in Figur 3 simulierten Beispiel ist es
- 10 sinnvoll, die Transmission  $T_{\text{Res}}$  des Laserresonators durch Einfügen einer geeigneten Absorberschicht 8 auf einen Wert von  $0,986$  einzustellen, da die Rauschamplitude  $\Delta P$  für  $T_{\text{Res}}=0,986$  für alle betrachteten Ausgangsleistungen gering ist.
- 15 Die Beschreibung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Beschränkung auf diese zu verstehen.



## Patentansprüche

1. Halbleiterlaser,

dadurch gekennzeichnet, daß

er innerhalb des Laserresonators eine absorbierende Schicht (8) enthält, welche die Transmission  $T_{\text{Res}}$  der Laserstrahlung (10) im Laserresonator zur Verringerung der Rückwirkungsempfindlichkeit des Halbleiterlasers für den in den Laserresonator rückgekoppelte Strahlung (9) reduziert.

2. Halbleiterlaser nach Anspruch 1,

bei dem sich die absorbierende Schicht (8) in einen Knoten einer stehenden Welle befindet, die sich bei Betrieb des Halbleiterlasers im Laserresonator ausbildet.

3. Halbleiterlaser nach Anspruch 1 oder 2,

bei dem die Reflektivität der Spiegel des Resonators und die Transmission  $T_{\text{Res}}$  der Laserstrahlung bei einem Resonatorumlauf so eingestellt sind, daß sich für einen weiten Bereich möglicher Ausgangsleistungen des Halbleiterlasers eine geringe Rückwirkungsempfindlichkeit ergibt.

4. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

bei dem der Halbleiterlaser ein Einmoden-Laser (Single-Mode-Laser) ist.

5. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

bei dem der Halbleiterlaser ein oberflächenemittierender Halbleiterlaser (VCSEL) ist.

6. Halbleiterlaser nach Anspruch 5,

bei dem der oberflächenemittierende Halbleiterlaser einen Braggspiegel (4) enthält und die absorbierende Schicht (8) in diesem Braggspiegel (4) enthalten ist.

7. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
bei dem die absorbierende Schicht (8) eine Galliumarse-  
nidschicht ist.

- 5 8. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
bei dem die Galliumarsenidschicht etwa 20 nm dick ist.

## Zusammenfassung

Ein erfindungsgemäßer Halbleiterlaser, insbesondere ein Einmoden-Laser, enthält in seinem Laserresonator eine absorbierende Schicht (8), welche die Transmission  $T_{\text{Res}}$  der Laserstrahlung (10) im Laserresonator zur Verringerung der Rückwirkungsempfindlichkeit des Halbleiterlasers für in den Laserresonator rückgekoppelte Strahlung (9) reduziert. Dadurch werden Schwanungen der Ausgangsleistung durch rückgekoppelte Strahlung (9) reduziert.

Figur 1

27003, 2182

1/3

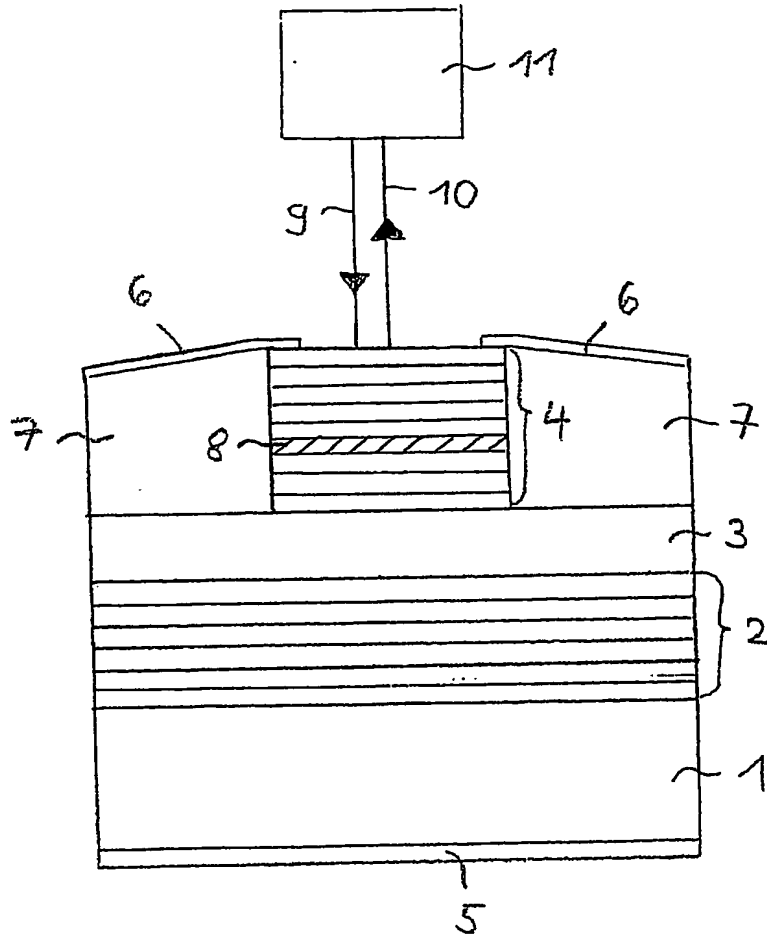


Fig. 1

P2003, 0182

2/3

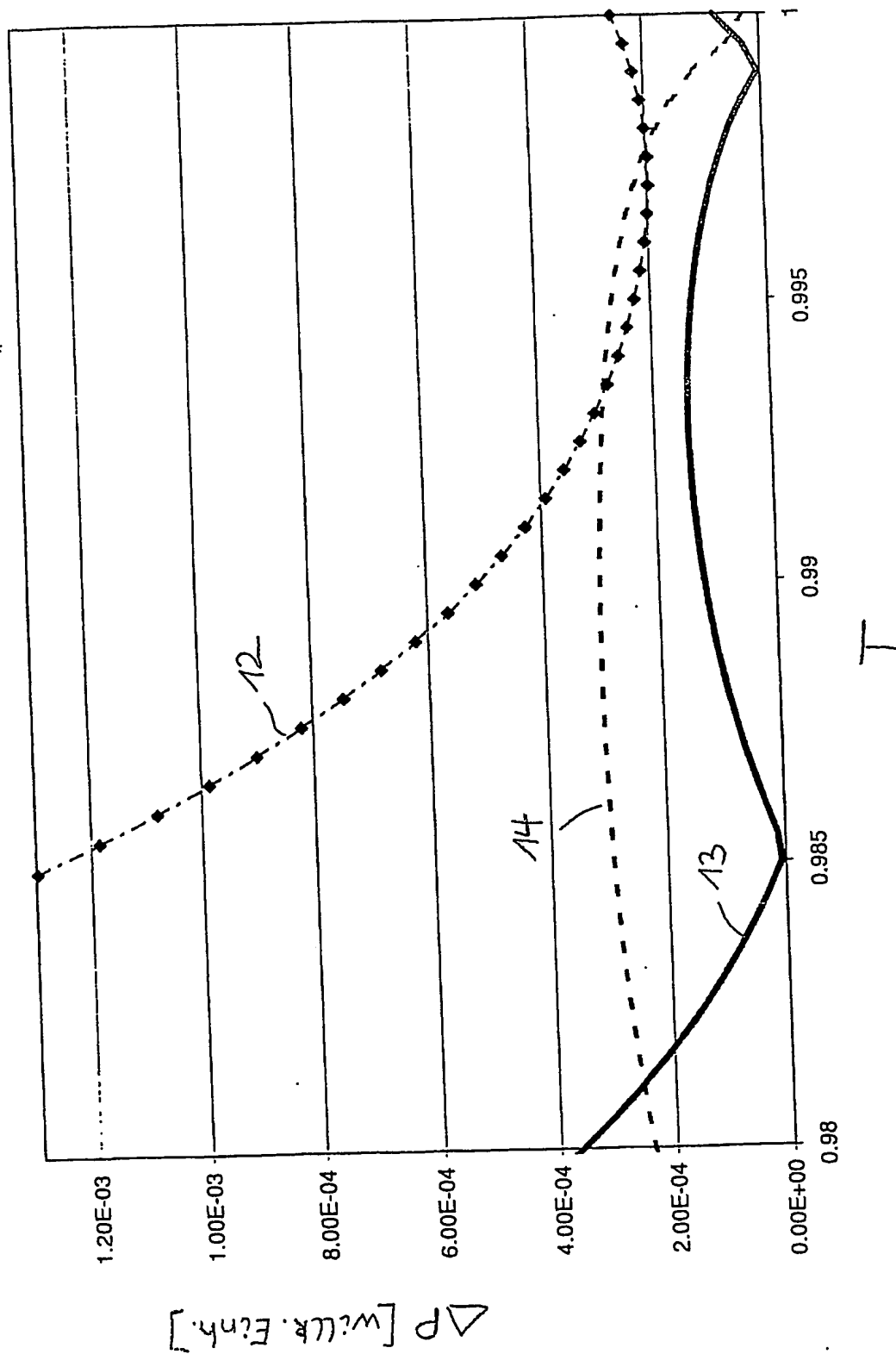


Fig. 2

27003, 0152

3/3

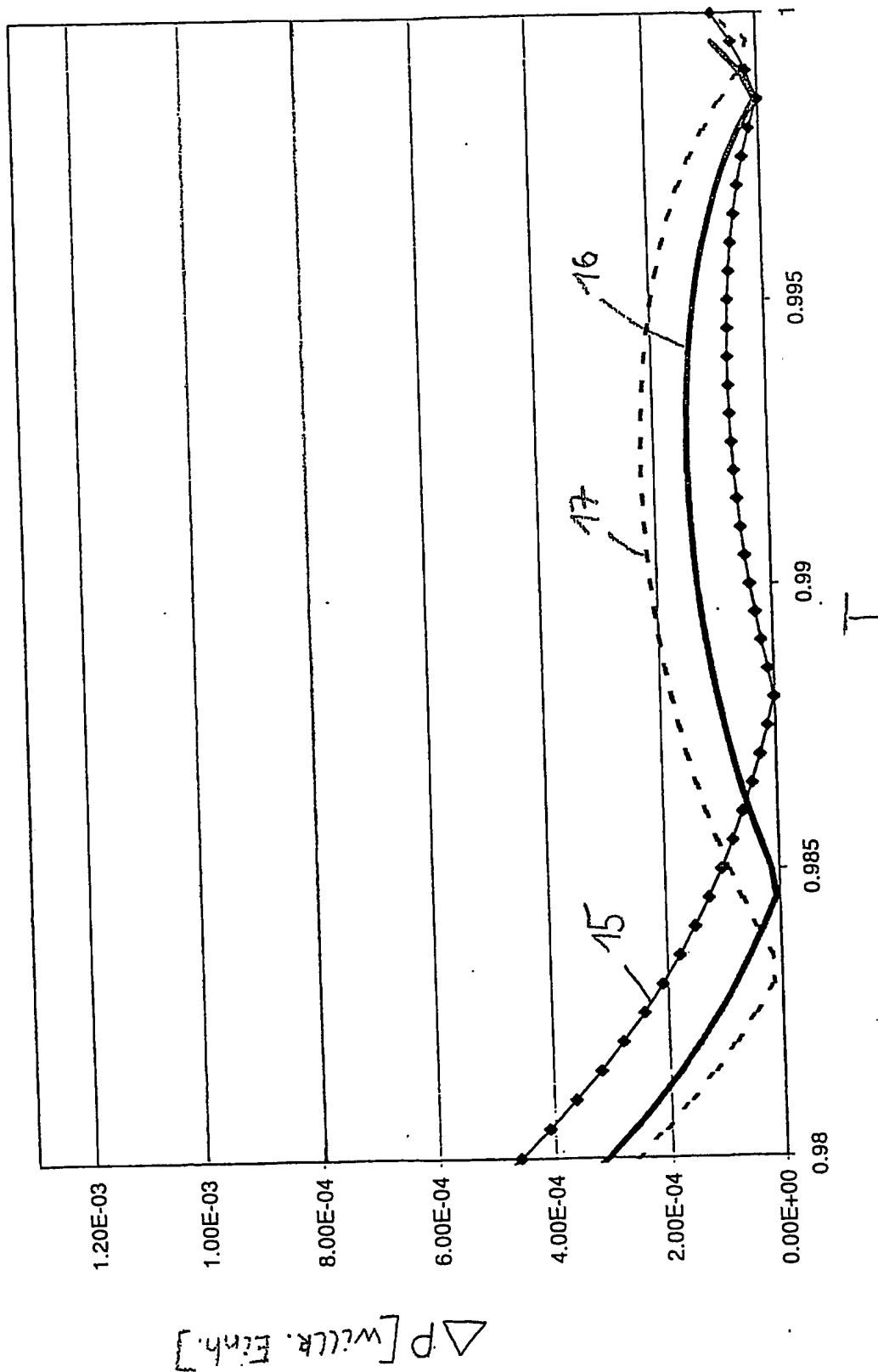


Fig. 3